الكيميـــــاء: تصنيع حمض الكبريتيك (7.5 نقط)

-I

1- معادلة التفاعل $S_{(s)} + O_2 \rightarrow SO_2$

2- معادلة التفاعل $SO_2 + 1/2\ O_2 \rightarrow SO_3$

المرحلة الرابعة: ذوبانية ثلاثي أوكسيد الكبريت SO_3 في الماء، لإنتاج حمض الكبريتيك.

3- معادلة التفاعل $SO_3 + H_2O \rightarrow H_2SO_4$

-II

نعتبر محلولا لحمض الكبريتيك، تركيزه $C = 1.5\times10^{-2}\ mol/l$ و حجمه $V = 100\ ml$.

1- بالنسبة للتفاعل الكلي المرتبط بفقدان البروتون الأول.

أ- معادلة التفاعل الكلي في الماء $H_2SO_4 + H_2O \rightarrow HSO_4^- + H_3O^+$

ب- كميات المادة $n(H_2SO_4) = n(HSO_4^{2-}) = n(H_3O^+) = C\times V = 1.5\times10^{-3}\ 0.1 = 1.5\times10^{-3}$

ج- جدول التقدم لهذا التفاعل

معادلة التفاعل	$H_2SO_4 + H_2O \rightarrow HSO_4^- + H_3O^+$			
الحالات	التقدم	كميات المادة بالمول		
ا حالة البدئية	0	0	بوفرة	1.5×10^{-3}
الحالة الوسطية	x	x		$1.5\times10^{-3} - x$
الحالة القصوية	x_{max}	x_{max}		$1.5\times10^{-3} - x_{max}$

د- التقدم النهائي و التقدم الأقصى لهذا التفاعل. ونسبة التقدم النهائي.

$x_f = n(H_2SO_4) = 1.5\times10^{-3}\ mol \qquad x_{max} = 1.5\times10^{-3}\ mol \qquad \tau = 1 = 100\%$

ه- $\tau = 1 = 100\%$ أي أن 100% النسبة المئوية لجزيئات حمض الكبريتيك التي تفاعلت مع الماء.

2- بالنسبة للتفاعل المحدود ثابتة الحمضية $K_A = 10^{-2}$.

أ- معادلة التفاعل المحدود في الماء.

$$HSO_4^- + H_2O \Leftrightarrow SO_4^{2-} + H_3O^+$$

- المزدوجة المميزة بالثابتة K_A.

$$HSO_4^- / SO_4^{2-}$$

ب- جدول التقدم لهذا التفاعل.

معادلة التفاعل	$HSO_4^- + H_2O \Leftrightarrow SO_4^{2-} + H_3O^+$			
الحالات	التقدم	كميات المادة بالمول		
الحالة البدئية	0	0	بوفرة	1.5×10^{-3}
الحالة الوسطية	x	x		$1.5\times10^{-3} - x$
حالة التوازن	$x_{éq}$	$x_{éq}$		$1.5\times10^{-3} - x_{éq}$

ج- التقدم النهائي (عند التوازن) و التقدم الأقصى لهذا التفاعل. و استنتج نسبة التقدم النهائي.

$$K_A = \frac{(\frac{x_{éq}}{V})^2}{\frac{1.5\times10^{-3} - x_{éq}}{V}} = 10^{-2}$$ أي أن $x_{éq}^2 + 10^{-3}x_{éq} - 15\times10^{-7}x_{éq} = 0$ أي $x_{éq} = 8.23\times10^{-4}\ mol$

$$x_{max} = 15\times10^{-4}\ mol$$

$$\tau = \frac{x_{éq}}{x_{max}} = 0.5486 = 54.86\%$$

د- تركيز الأنواع الكيميائية المتواجدة في المحلول.

$$[HSO_4^-] = [SO_4^{2-}] = [H_3O^+] = \frac{8.23\times10^{-4}}{0.1} = 82.3\times10^{-4}\ mol/l$$

ه- pH المحلول.

$pH = 2$

III – المعايرة

1- المعايرة حمض – قاعدة

□□□□□□□ □□□□□□□□ □□□□□□ □□ □□□□ □□□□ □□□□□ □□□□□□ □□□□ **(**□□ □□□□□**)** □ □□□ □□□ □□□□□□□ □□□ □□□□□□ □□□ □□□□□ □□□□
□ □□□□□ □□□□□**.**

2- نقطة التكافؤ

□□ □□□□□□ □□□□ □□□□□ □□□□ □□□□□□□ □□□□□□□ □□□□**.**

3- منطقة الانعطاف

هي المنطقة التي توافق التغيير المفاجئ للميزة الفيزيائية المتغيرة خلال المعايرة (ال pH أو لون المحلول أو موصلية المحلول).

الفيزيـــــاء: (15.5 نقطة)

التمرين الأول:الفيزياء النووية في خدمة الطب (7.5 نقط)

1- معادلة هذا التحول النووي

$$^{24}_{11}Na \rightarrow \, ^{24}_{12}Mg^{*} + \, ^{0}_{-1}e$$

الميكانيزم الذي يشرح هذا النشاط الإشعاعي.

$$^{1}_{0}n \rightarrow \, ^{1}_{1}p + \, ^{0}_{-1}e$$

2- الطاقة الناتجة عن هذا التفتت ب MeV.

$$\Delta E = [m_e + m_{Mg} - m_{Na}] \times C^2$$

$$\Delta E = [0.00055 + 23.97846 - 23.98493] \times C^2 = -5.5 \ MeV$$

3- عند رجوع النواة المتولدة المثارة إلى حالتها الأساسية تبعث أشعة كهرمغنطيسية شديدة النفاذية

3- 1- نوع هذا النشاط الإشعاعي هو γ.

3- 2- معادلة تحوله النووي.

$$^{24}_{12}Mg^{*} \rightarrow \, ^{24}_{12}Mg + \gamma$$

4- نحقن في دم شخص، في لحظة $t_0 = 0 \ s$، $10 \ cm^3$ من محلول يحتوي في البداية على الصوديوم 24 ($^{24}_{11}Na$) ذي التركيز المولي $C_s = 10^{-3} \ mol/l$.

أ- كمية مادة الصوديوم 24 الموضوعة في الدم.

أ) كمية المادة « عدد المولات » لذرات $^{24}_{11}Na$: $n_{Na} = CV = 10^{-3} \times 10 \times 10^{-3} = 10^{-5} \ mol$

ب- ثابتة النشاط الإشعاعي λ لهذه النويدة.

ب) النشاط الإشعاعي A ، المقدر بعدد الأنوية المتفككة كل ثانية من الزمن (أو البيكريل : Bq) ، يتناسب مع العدد N_{Na} لأنوية الصوديوم المشع $^{24}_{11}Na$ الحاضرة : $A = \lambda N_{Na}$.

في البداية : نواة $N_{Na} = n_{Na} \times \mathcal{N} = 10^{-5} \times 6,02 \times 10^{23} = 6,02 \times 10^{18}$

ثابت الإشعاع λ هو بحيث : $T = \frac{\ln 2}{\lambda}$ ، بالتالي : $\lambda = \frac{\lambda}{\ln 2} = \frac{0,693}{15 \times 3600} = 1,28 \times 10^{-5} \ s^{-1}$

ج- النشاط الإشعاعي للعينة المحقونة؟ نعطي $N_A = 6.02 \times 10^{23} \ mol^{-1}$.

النشاط الإشعاعي الإبتدائي للمنبع المشع المتوزع في الدم هو : $A = \lambda N_{Na} = 1,28 \times 10^{-5} \times 6,02 \times 10^{18} = 7,71 \times 10^{13} \ Bq$

د- تعبير قانون التناقص الإشعاعي. و استنتج كمية مادة الصوديوم 24 المتبقية بعد مرور 6 ساعات.

$$N = N_0 \ e^{-\lambda t} \quad \text{ومنه} \quad n = n_{Na} \ e^{-\lambda t}$$

لأجل : $t = 6 \ h$ نحصل على : $n = 7,58 \times 10^{-6} \ mol$ (عدد مولات الصوديوم 24 المتبقية خلال 6 h) .

ه- خلال 6 ساعات، نأخذ $10 \ cm^3$ من دم الشخص المعني. فنجد بأن الكمية المأخودة تحتوي على $n = 1.5 \times 10^{-8} \ mol$ من الصوديوم 24.

بافتراض أن الصوديوم 24 موزع بانتظام و حصريا في كامل حجم الدم. أحسب حجم الشخص.

ليكن Vs حجم الدم مقدر بوحدة (L) ، التركيز المولي Cs للأنوية المشعة في الدم عند اللحظة $t = 6 \ h$ هو :

$$C_S = \frac{n}{V_S} = \frac{7,58 \times 10^{-6}}{V_S} \ mol.L^{-1} \ ... (1)$$

هذا التركيز هو نفس التركيز في الكمية المأخوذة من الدم : $C_S = \frac{1,5 \times 10^{-8}}{10 \times 10^{-3}} = 1,5 \times 10^{-6} \ mol.L^{-1}$

بالتعويض في العلاقة (1) ، نستنتج حجم الدم : $V_S = \frac{7,58 \times 10^{-6}}{1,5 \times 10^{-6}} \approx 5 \ L$.

التمرين الثاني: الفيزياء النووية بين فوائدها في إنتاج الطاقة و اثارها المضرة بالإنسان و البيئة (8 نقط)

مصدر الطاقة الشمسية

- **المعطيات :** – كتلة البوزيتون : $0,000\ 55\ u$ ؛
  - كتلة النواة ^1_1H : $1,007\ 28\ u$ ؛
  - كتلة النواة ^2_1H : $2,013\ 5\ u$ ؛
  - كتلة النواة ^3_2He : $3,018\ 4\ u$ ؛
  - كتلة النواة ^4_2He : $4,001\ 51\ u$ ؛
  - كتلة النواة $^{12}_6C$: $12,000\ 00\ u$ ؛
  - $1\ u = 1,66 \times 10^{-27}\ kg$
  - سرعة الضوء في الفراغ : $c = 3 \times 10^8\ m.s^{-1}$

I- التفاعل الراهن: اندماج الهيدروجين

1- المعادلة الحصيلة لتكون نوى الهيليوم هي : $4\ {}^1_1H \rightarrow {}^4_2He + 2\ {}^0_{+1}e$

2- إجمالا، عدد نوى الهيدروجين المندمجة اللازمة لتشكيل نواة الهيليوم هو 4.

3- أحسب الطاقة الطاقة الناتجة عن تكون نواة الهيليوم.

3. لحساب الطاقة الكلية المتحررة عن تشكل نواة الهليوم 4 ، نقوم بإجراء الحصيلة الطاقوية لتفاعل الإندماج الحاصل .

في البداية نقيم التغير الحادث في الكتلة Δm للجملة المتفاعلة (بناءً على مبدأ التكافؤ بين الطاقة و الكتلة) :

$$\Delta m = 2m(^0_{+1}e) + m(^4_2He) - 4m(^1_1H)$$.

ت.ع لدينا : $m(^0_{+1}e) = 0,000\ 55\ u$ ؛ $m(^4_2He) = 4,001\ 51\ u$ ؛ $m(^1_1H) = 1,007\ 28\ u$ ، بعد الحساب نجد :

$$\Delta m = -\ 0,02651\ u$$.

هذا الضياع (النقص) في الكتلة : ($\Delta m < 0$) هو الذي يتحرر بناءً على مبدأ التكافؤ بين الطاقة و الكتلة لإينشتاين وفق العلاقة

$$\Delta E = \Delta m.c^2$$.

ت.ع عدديًا : $c = 3 \times 10^8\ m.s^{-1}$ ؛ $u = 1,66 \times 10^{-27}\ kg$ ؛ $\Delta m = -\ 0,02651\ u$ ، نحصل على :

$$\Delta E = -\ 3,96 \times 10^{-12}\ J$$

القيمة المحصل عليها سالبة ، مما يعني أن الطاقة المحسوبة سابقًا تحررها (تخسرها) الجملة .

في النهاية ، الطاقة المتحررة عن تشكل نواة الهليوم $E_{libérée}$ هي : $E_{libérée} = |\Delta E| = 3,96 \times 10^{-12}\ J > 0$

4- تقدر قدرة الإشعاع الناتجة عن الشمس ب $P = 4 \times 10^{26}\ W$.

عدد نوى الهيليوم المتولدة في الثانية الواحدة.

4. بما أن الإستطاعة الإشعاعية المقاسة للشمس : $P = 4,0 \times 10^{26}\ W$ ، يمكننا إيجاد الطاقة الناتجة E_p في مجال زمني $\Delta t = 1\ s$ من العلاقة : $E_p = P.\Delta t = 4,0 \times 10^{26}\ J$.

هذه الطاقة الناتجة كل ثانية من الزمن هي بسبب تفاعل الإندماج للهيدروجين الذي يحرر طاقة $E_{libérée}$ في كل مرة تتولد فيها نواة هليوم 4 . يمكننا عندئذ إستنتاج عدد الأنوية : $N(^4_2He)$ للهليوم المتشكلة كل ثانية :

$$N(^4_2He) = \frac{E_p}{E_{libérée}}$$.

ت.ع لدينا : $E_p = 4,0 \times 10^{26}\ J$ ؛ $E_{libérée} = 3,96 \times 10^{-12}\ J$ ، بالتالي :

$$N(^4_2He) = 1,0 \times 10^{38}\ (\text{نواة/s})$$

5- كتلة الشمس تقدر ب: $m = 2 \times 10^{30}\ kg$ ، نفترض أنها مكونة فقط من الهيدروجين. كم من الزمن، نظريا، تستمر الشمس في الوقود باندماج الهيدروجين؟

5. وجدنا بأن : $(1,0 \times 10^{38})$ نواة هليوم 4 تنتج من تفاعل الإندماج الحادث في الشمس كل ثانية ، و حسب إجابة (السؤال **2.**) يستدعي هذا العدد من الأنوية المتشكلة إستهلاك عدد مضاعف أربعة مرات من أنوية الهيدروجين المندمجة ، أي أن :

عدد الأنوية المختفية من الهيدروجين كل ثانية هو : $N(^1_1H) = 4\ N(^4_2He) = 4,0 \times 10^{38}$ (نواة/s) .

يجدر بنا الآن ، تحديد كم هو عدد الأنوية N_0 من الهيدروجين المتواجدة في الشمس : $m_{Soleil} = N_0.m(^1_1H)$

بالتالي : $N_0 = \frac{m_{Soleil}}{m(^1_1H)}$.

ت.ع لدينا : $m_{Soleil} = 2 \times 10^{30}\ kg$ ؛ $m(^1_1H) = 1,007\ 28\ u$ ؛ $u = 1,66 \times 10^{-27}\ kg$

$\Leftarrow$ $N_0 = 1,2 \times 10^{57}$ (نواة هيدروجين)

علمًا أن : $(4,0 \times 10^{38})$ نواة هيدروجين تختفي كل ثانية ، يمكننا إستنتاج الزمن τ " مدة وقود الشمس " نظريًا بتفاعل إندماج الهيدروجين ، و هذا بإعتبار الإستطاعة الإشعاعية للشمس ثابتة عمليًا :

$$\tau = \frac{N_0}{N(^1_1H)} = \frac{N_0}{4.N(^4_2He)} \Leftarrow \tau = 3,0 \times 10^{18}\ s = 9,5 \times 10^{10}\ ans$$

II- التفاعلات المستقبلية: اصطناع العناصر أثقل من الهيليوم

عندما تستنفد الشمس كل الهيدروجين المتواجد فيها، علميا يحدث لها انقباض (Contraction) . الهيليوم المتشكل في الطور السابق، يخضع لضغط قوي، لكي يندمج بدوره حسب المعادلتين التاليتين:

$${}^{4}_{2}He + {}^{4}_{2}He \rightarrow {}^{8}_{4}Be \ (4) \qquad 3\ {}^{4}_{2}He \rightarrow {}^{12}_{6}C \ (5)$$

1- أحسب الطاقة المحررة خلال التفاعل (5). قارن هذه الطاقة مع تلك 3.1 . هل يمكنك أن تشرح باختصار لماذا تحمر الشمس خلال الطور الثاني من الاندماج؟

II. التفاعلات المستقبلية : إصطناع العناصر الثقيلة

1. كل من تفاعلي الإندماج يحقق الإنحفاظ لعدد النكليونات (A) و للشحنة الكهربائية (Z) ، بالتالي :

التفاعل 4 : ${}^{4}_{2}He + {}^{4}_{2}He \rightarrow {}^{8}_{4}Be$

التفاعل 5 : $3\,{}^{4}_{2}He \rightarrow {}^{12}_{6}C$

2. لنقيم الضياع الحادث في الكتلة $\Delta m'$ أثناء حدوث التفاعل 5 : $\Delta m' = m({}^{12}_{6}C) - 3m({}^{4}_{2}He)$

ت.ع لدينا : $m({}^{12}_{6}C) = 12,000\ 00\ u$ ؛ $m({}^{4}_{2}He) = 4,001\ 51\ u$ ؛ $u = 1,66\times10^{-27}\ kg$ ، بالتالي :

$$\Delta m' = -7,519\ 8 \times 10^{-30}\ kg$$

هذا التناقص في الكتلة تتحرر عنه طاقة $E'_{libérée}$: $\boxed{E'_{libérée} = |\Delta E'| = |\Delta m'|.c^2}$

ت.ع لدينا : $\Delta m' = -7,519\ 8 \times 10^{-30}\ kg$ ؛ $c = 3\times10^{8}\ m.s^{-1} \Leftarrow \boxed{E'_{libérée} = 6,78 \times 10^{-13}\ J}$.

بمقارنة هذه الطاقة مع تلك المحسوبة في السؤال (3.1) : $\boxed{\frac{E'_{libérée}}{E_{libérée}} = \frac{6,78\times10^{-13}}{3,96\times10^{-12}} = 0,171}$

خلال الطور الثاني من تفاعلات الإندماج الحادثة في الشمس ، هذه الأخيرة تتحرر عنها طاقة أقل من تلك المتحررة خلال الطور الأول من تفاعلات إندماج الهيدروجين ، لهذا السبب ، فإن حرارة سطح الشمس تتناقص مما يسبب إزياح إضاءة قرص الشمس ناحية المنطقة الحمراء من الطيف الإشعاعي .